

**Tierexperimentelle Untersuchungen
zur Methodik
einer optimierten Elektrokoagulation**

Vorgelegt

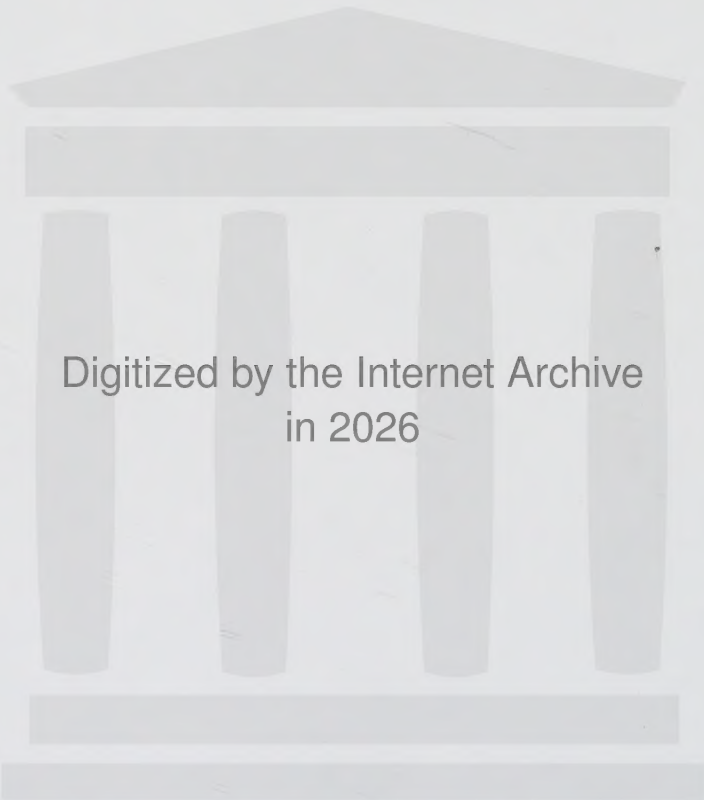
von

Helmut Schaefer

aus

Bad Kissingen

1979 № 251



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der medizinischen Klinik mit Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. L. Demling

Tierexperimentelle Untersuchungen zur Methodik
einer optimierten Elektrokoagulation

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von
Helmut Schaefer
aus Bad Kissingen

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. W. Kersten
Referent: Priv.-Doz. Dr. P. Frühmorgen
Korreferent: Prof. Dr. L. Demling
Tag der mündlichen Prüfung: 26.07.1979

In tiefer Dankbarkeit meinen lieben

Eltern gewidmet

I N H A L T

	Seite
1. <u>Einleitung</u>	1
2. <u>Fragestellung</u>	3
3. <u>Methodik</u>	4
3.1. Hochfrequenz-Chirurgiegerät- Elektrotom	4
3.2. Knopfelektrode und Koagulations- köpfchen	6
3.3. Endoskop	8
3.4. Koagulationsobjekte	8
3.4.1. Katzen	8
3.4.2. Hunde	12
3.5. Makroskopische Untersuchungen	14
3.6. Mikroskopische Untersuchungen	15
4. <u>Ergebnisse</u>	16
4.1. Stromqualitäten (Koagulations-, Schneid- und Mischstrom)	16
4.1.1. Gleiche Expositionsdauer Gleiche Stromstärke	16
4.1.2. Verschiedene Expositionsdauer Verschiedene Stromstärken	23
4.2. Akute tierexperimentelle Versuche Schleimhautkoagulationen im ge- samten Gastrointestinaltrakt bei Katzen	25
4.3. Chronische tierexperimentelle Versuche Schleimhautkoagulationen am Dünn- darm, Magen, Ösophagus und Dickdarm bei Hunden	42

	Seite
5. <u>Diskussion</u>	63
5.1. Moderne Fiberskope und Elektrokoagulation	63
5.2. Stromqualitäten	64
5.3. Elektrokoagulationen im Gastrointestinaltrakt	66
6. <u>Zusammenfassung</u>	74
7. <u>Literatur</u>	

1. E i n l e i t u n g

Die Anfänge der Elektrokoagulation können bis ins ausgehende 19. Jahrhundert zurückverfolgt werden. 1891 und 1893 veröffentlichte der Franzose d'Arsonval zwei Studien mit den Titeln "Action physiologique des courants alternatifs" und "Production des courants de haute frequence et de grande intensite; leurs effets physiologiques" (1, 2).

Seither gelten experimentelle Versuche und klinische Erprobung der Anwendbarkeit von elektrischem Strom in der Medizin. Neben der bereits seit langem klinisch praktizierten Anwendung der Elektrokoagulation in der Tumorbehandlung (8, 11, 17, 19, 28), unter endoskopischer Kontrolle in der Urologie (20) und der Chirurgie (5, 30) sind auch in der Oto - Naso - Laryngologie (27), in der Gynäkologie (16, 33) und in der Ophthalmologie (7) vielversprechende experimentelle und klinische Ergebnisse bekannt geworden. Darüber hinaus wurden erste tierexperimentelle Versuche und klinische Anwendungen mit der Elektrokoagulation im Gastrointestinaltrakt durchgeführt und beschrieben (6, 9, 18, 23, 24, 25, 26, 31, 32, 34). In der Gastroenterologie gehen intensive Bemühungen vor allem dahin, die Wirkungen des elektrischen Stromes auf die Schleimhaut des

Gastrointestinaltraktes zu quantifizieren, um unter Berücksichtigung von Stromart, Stromstärke, Einwirkungszeit und spezifischer Gewebeart einen therapeutischen Bereich einzugrenzen; dieses Ziel verfolgt vorliegende Arbeit.

Bei weiteren Versuchen wurden diese Ergebnisse herangezogen, um blutende Schleimhautläsionen im Gastrointestinaltrakt mittels Elektrokoagulation zu stillen (Vgl. Dissertationsarbeit von Ingrid Schmidt: "Tierexperimentelle Untersuchungen zur Optimierung der Elektrokoagulation bei blutenden Schleimhautläsionen". 29).

2. F r a g e s t e l l u n g

Der technische Fortschritt, nämlich die Herstellung von modernen Endoskopen mit Fiberoptik, die Miniaturisierung und Präzisierung (35) medizinisch technischer Instrumente und die Weiterentwicklung der Hochfrequenzchirurgiegeräte (14, 21) hat der Methode der Elektrokoagulation neue Möglichkeiten eröffnet. Deshalb gewinnen Kenntnisse über die Reaktionsweise der Schleimhaut und äußerer Wandschichten des Gastrointestinaltraktes auf Stromeinwirkung besondere Bedeutung.

Ziel dieser Arbeit war es daher,

- a.) unter standardisierten Voraussetzungen die unterschiedliche Wirkung von Schneid-Koagulations- und Mischstrom auf die intakte Magenschleimhaut zu bestimmen und den therapeutischen Bereich für die verschiedenen Stromqualitäten einzukreisen bzw.
- b.) "vergleichbare Wirkungen" bei jeweils verschiedener Expositionsdauer und Stromstärke der einzelnen Stromqualitäten zu erzielen.
- c.) Ziel der Arbeit war es ferner, in chronischen und akuten Versuchen an Hunden und Katzen unter modifizierten Bedingungen die Wirkung des elektrischen Stromes bzw. die

therapeutische Breite bei Koagulation mit variierter Stromleistung und Expositionsdauer auf die intakte, nicht blutende Schleimhaut des Gastrointestinaltraktes zu untersuchen.

3. M e t h o d i k

3.1. Hochfrequenz-Chirurgiegerät-Elektrotom (Abb. 4)

Für unsere Untersuchungen verwendeten wir das Hochfrequenz-Chirurgiegerät Elektrotom 170 RF mit einer Leistung bis zu 170 Watt der Firma Martin aus Tuttlingen. Es sei kurz auf das Prinzip der Elektrokoagulation des Hochfrequenzgerätes - ein kombinierter Röhren- und Funkenstreckengenerator - eingegangen.

Von einer großflächigen "Neutralelektrode" wird ein hochfrequenter Strom über den Patientenkörper zu einer kleinflächigen "Aktivelektrode" geleitet. Dabei entsteht im engeren Bezirk der Aktivelektrode eine hohe Stromdichte, die bei Überschreitung gewisser Mindestwerte (A/qmm) die zur Koagulation oder zum Schneiden erforderliche Gewebeerwärmung bewirkt.

In der schematischen Darstellung (Abb. 1) ist das Prinzip der Hochfrequenzchirurgie zu erkennen.

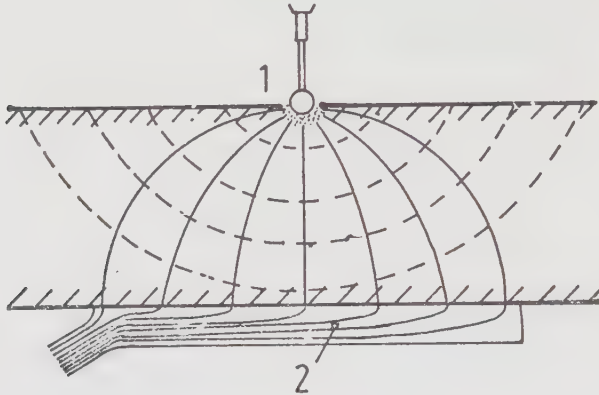


Abb. 1 : Prinzip des Hochfrequenzgerätes mit schematischer Verteilung der Stromdichte zwischen Aktivelektrode (1) und Neutralelektrode (2).

Zum Schneiden verwendeten wir den sinusförmigen Wechselstrom (Abb. 2) eines Röhrengenerators, dessen Leerlaufspannung zwischen 500-700 V beträgt. Beim Fortbewegen der Elektrode, dem "sog. Schneiden" entsteht an der Elektrode eine so hohe Stromdichte, daß die Zellflüssigkeit spontan verdampft und die Zellmembran explodiert; es entsteht der "glatte Schnitt" ohne tiefgehende

Koagulation, da der Stromdurchgang durch die ausgetrockneten Zellreste stark reduziert wird.

Beim Koagulieren arbeitet man mit hochfrequentem Wechselstrom, der sich in Form einer "gedämpften Welle" darstellen läßt (Abb. 3). Der Wechselstrom wird dabei dem Funkenstreckengenerator entnommen, dessen Leerlaufspannung bis 4000 V beträgt. Diese hohe Spannung ist in der Lage, auch ausgetrocknete Zellschichten zu durchschlagen und den Strom in tiefere Schichten fließen zu lassen, so daß z.B. eine Blutstillung kapillärer Gefäße erzielt werden kann.

Werden Röhrenstrom und Funkenstreckenstrom durch Zusammenschalten beider Generatoren einander überlagert, so erhält man den sog. Mischstrom. Beim Mischstrom addieren sich die elektrischen Spannungen und Leistungen beider Stromarten. Je nach Mischungsverhältnis kann die gewünschte Stromqualität erzielt werden (vgl. 15, 21, 22, 32, 36).

3.2. Knopfelektrode und Koagulationsköpfchen

Zur Stromapplikation wurde eine flexible, über den Instrumentierkanal eines jeden Endoskopes einführbare Knopfelektrode verwendet. Die industrielle Sonde wurde für unsere Versuche abgewandelt;

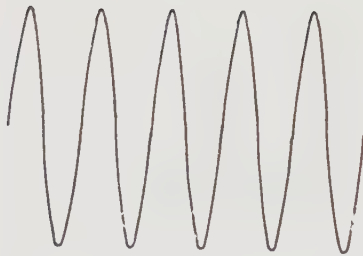


Abb. 2 : Schematische Darstellung sinusförmigen Wechselstromes (= Schneidstrom)



Abb. 3 : Schematische Darstellung gedämpften Wechselstromes (= Koagulationsstrom)

und zwar wurde durch eine zwischen Koagulationskopf und Sonde über eine in einer Metallhülse eingeschlossene Feder ein konstanter Anpressdruck (von 23 g) an das Gewebe erreicht. Somit wurden die Versuche vom oft besprochenen "touch" des Ausführenden erstmals unabhängig (vgl. 26).

Uns standen Koagulationsköpfe (Durchmesser 2,3mm) mit einfacher zentraler Bohrung und solche mit Dreilochbohrung zur Verfügung, die sich zur gleichzeitigen Absaugung oder Insufflation von Luft oder Gas eignen.

3.3. Endoskop

Als Endoskop wurde das gastrointestinale Fiberskop , Typ GIF der Firma Olympus, Opt., Tokyo, verwendet (Abb. 5).

3.4. Koagulationsobjekte

3.4.1 Katzen: In akuten Tierversuchen verwendeten wir insgesamt 11 Katzen mit einem Gewicht zwischen 1,5 und 2,6 kg. Die Katzen wurden mit Äthylbarbitursäure (Nembutal^R, 30 mg/kg/Kg; i.p.) narkotisiert und anschließend die Organabschnitte Magen, Dünn- und Dickdarm nach Längsschnittinzision in der linea alba freigelegt. Beginnend etwa 1 cm unterhalb der

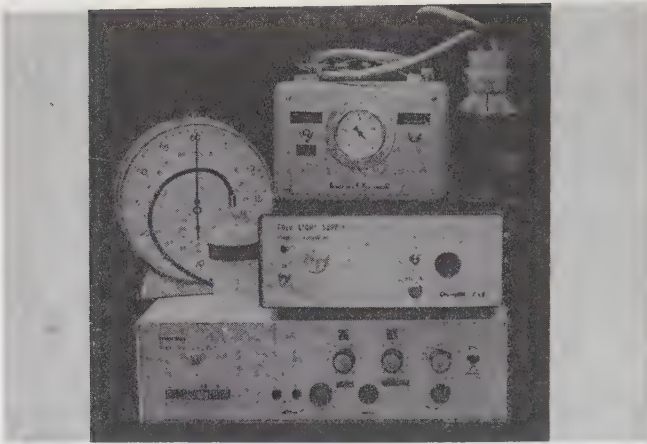


Abb. 4 : Elektrotom 170 RF (Firma Martin). Kalt-Lichtquelle zur Endoskopie. Unterdruckgerät mit Absaug- und Spülvorrichtung. Stoppuhr.

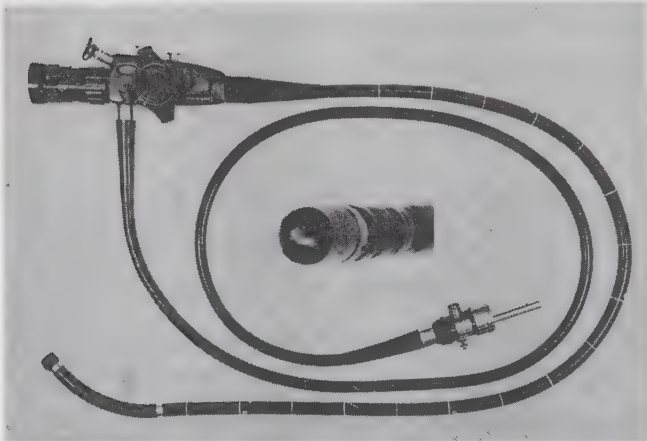


Abb. 5 : Fiberskop Typ GIF (Firma Olympus, Opt., Tokyo). Knopfsonde mit Elektrode (Bildmitte).

Cardia, im gefäßarmen Bereich zwischen großer und kleiner Krümmung, wurden zunächst der Magen dann Dünne- und Dickdarm eröffnet und jeweils im frisch "präparierten" Darmabschnitt die Koagulationen gesetzt. Nach Intubation und Thorakotomie wurde zum Schluß des Versuches im unteren Drittel des Ösophagus koaguliert.

Die Wirkung der Stromqualitäten

1. Koagulationsstrom II
2. Schneidstrom I
3. Mischstrom I + II

wurde an zwei Katzen jeweils auf der intakten Mucosa des Magens dargestellt.

- a.) Die Wirkungen der Stromqualitäten wurden bei gleicher Stromstärke (jeweils 3/6/9) und gleicher Expositionsdauer (sec 3) makroskopisch verglichen und histologisch untersucht (vgl. Tab. 3 bzw. 4, 5, 6).
- b.) Durch Variieren der Stromstärke und Expositionsdauer wurden "makroskopisch vergleichbare Wirkungen" der drei Stromqualitäten erzeugt (vgl. S. 23 , bzw. Tab. 7).

In einer weiteren Versuchsreihe untersuchten wir an 9 Katzen makroskopisch und histologisch die Wirkung des Koagulationsstromes auf den gesamten

Gastrointestinaltrakt (Ösophagus, Magen, Dünn- und Dickdarm) bei definierten Stromstärken und definierter Expositionsdauer an der intakten, nicht blutenden Mucosa (Tab. 1).

Ösophagus	Stufe	sec
	5	1, 3, 5, 7, 10
	6	1, 3, 5, 7, 10
	7	1, 3, 5, 7, 10
Magen	}	3, 5, 7, 10
Dünndarm		3, 5, 7, 10
Dickdarm		3, 5, 7, 10
		3, 5, 7, 10

Tabelle 1: Koagulationen im Ösophagus, Magen, Dünn- und Dickdarm (akuter Versuch: Katzen)

Die Tiere wurden etwa 60 Minuten nach Abschluß des operativen Eingriffs getötet, die Koagulationsstellen großflächig herausgeschnitten, makroskopisch beurteilt, fixiert und in Serienschnitten histologisch aufgearbeitet. Als Parameter dienten der Durchmesser der Koagulationsstelle, die Art der Läsionen (Erosion, Ulcus, Perforation) sowie die Eindringtiefe der Stromwirkung (distale Reaktionsstelle).

3.4.2. Hunde: Die Langzeitbeobachtungen erfolgten an 3 Hunden mit einem Körpergewicht zwischen 12 und 18 kg , die mit Trapanal^R i.v. (Dosierung nach Wirkung, 25-40 mg/kg/KG) narkotisiert worden waren. In den Organabschnitten Dünndarm, Magen, Ösophagus und Dickdarm wurden endoskopisch Koagulationen unter Sichtkontrolle gesetzt mit den Leistungsstufen

3/5/6/7 Ösophagus

3/5/8/9/10 Magen und Dickdarm

7/8 Dünndarm

sowie einer Expositionsdauer (sec)

3,5,7 Ösophagus

3,5,7,10 Magen

3,5,7 Dickdarm

3,5,7 Dünndarm

Koaguliert wurde, jeweils beginnend mit der "höchsten" Leistungsstufe und der längsten Expositionsdauer für diesen Darmabschnitt

1. im oberen Drittel des Dünndarms
2. im Magen beginnend im Antrum an der kleinen Kurvatur übergehend
im Antrum auf die große Kurvatur und schließlich an der großen Kurvatur des Corpus-Anteils
3. im unteren Drittel des Ösophagus
4. in der distalen Hälfte des Dickdarms

Tabelle 2: Koagulationen im Ösophagus, Magen, Dünn- und Dickdarm
(chronischer Versuch: Hunde)

Hund I	Stufe	Zeit (sec)
1. Dünndarm	technisch nicht möglich	
2. Magen	10	5,3
	9	7,5,3
	8	7,5,3
	5	5
	3	5
3. Ösophagus	7	5,3
	6	7,5,3
	5	5
	3	5
4. Dickdarm	10	5,3
	9	7,5,3
	8	7,5
	5	5
	3	5
Hund II	Stufe	Zeit (sec)
1. Dünndarm	8	7,5,3
	7	7,5,3
2. Magen	10	5,3
	9	7,5,3
	8	10,7,5,3
3. Ösophagus	7	5,3
	6	7,5,3
4. Dickdarm	(wegen Stuhlverunreinigung nicht möglich)	
Hund III	Stufe	Zeit (sec)
1. Dünndarm	8	5,3
	7	7,5,3
2. Magen	10	5,3
	9	7,5,3
	8	7,5,3
3. Ösophagus	7	5, 3
	6	7,5,3
4. Dickdarm	10	5,3
	9	7,5,3
	8	7,5

Beim Hund I konnte das Endoskop wegen eines Pylorospasmus trotz Buscopan i.v. nicht in den Dünndarm vorgeschoben werden, so daß Koagulationen unterbleiben mußten. Beim Hund II war der Enddarm trotz mehrfacher endoskopischer Spülung nicht ausreichend zu reinigen, so daß auch hier keine Koagulationen gesetzt werden konnten (Tab. 2).

Ein Hund (I) wurde nach einer Stunde Überlebenszeit, ein weiterer (Hund II) nach sieben Tagen Überlebenszeit mit einer Überdosis Trapanal^R getötet und seziiert. Die großflächig herausgeschnittenen, nicht perforierten Koagulationsstellen wurden histologisch untersucht. Der Hund (III), der vierzehn Tage hätte überleben sollen, verstarb am 6. postoperativen Tag nach etwa 140 Stunden Überlebenszeit.

3.5. Makroskopische Untersuchungen

Bei den beiden Versuchsreihen an Katzen wurden die erzielten Koagulationseffekte auf der Schleimhaut des Gastrointestinaltraktes unmittelbar nach der Stromapplikation makroskopisch beurteilt. Bei den Versuchen bezüglich der Stromqualitäten wurden die Koagulationen unmittelbar nach Versuchsende photographisch festgehalten und nach Fixation ein zweites Mal makroskopisch beurteilt. Beim Hund, der eine Stunde überlebte, wurden die Koagulationsstellen

1. endoskopisch mit einer auf den Okularteil des

Endoskopes adaptierten Kleinbildkamera fotografisch festgehalten und

2. die entsprechenden Koagulationspräparate nach Sektion ein zweites Mal fotografiert.

3.6. Mikroskopische Untersuchungen

Die makroskopisch sichtbaren Koagulationseffekte wurden in Zenker'schem Formol (Helly'sche Flüssigkeit) fixiert. Von den 347 Koagulationspräparaten an der intakten Schleimhaut bei Katzen wurden lupenmikroskopisch 156 auswertbare Präparate herausgegriffen und nach Färbung histologisch untersucht.

4. E r g e b n i s s e

4.1. Stromqualitäten (Koagulations-, Schneid- und Mischstrom)

4.1.1. Gleiche Expositionsdauer Gleiche Stromstärke > unterschiedliche Wirkung

Bei gleicher Expositionsdauer von jeweils 3 sec und gleichen Stromstärken (Leistungsstufen 3/6/9) wurde die unterschiedliche Wirkung der drei Stromqualitäten (Koagulationsstrom II, Schneidstrom I, Mischstrom I und II) auf die intakte Magenschleimhaut bestimmt. Die durch die Elektrokoagulation induzierte Wirkung auf die Schleimhaut des Magens führte zur Ödembildung, zur Hyperämie und Koagulation, die bei höherer Leistung in Verkohlung überging bzw. sogar zur subtotalen oder totalen Perforation führte. Die Koagulationsstellen wurden unmittelbar nach Stromapplikation makroskopisch beurteilt, vgl. dazu Tabelle 3.

Der Grad und die Ausdehnung der Reaktionen waren unter gleichen Voraussetzungen bei den drei Stromqualitäten verschieden. Während beim Koagulationsstrom sich bei Leistungsstufe 3 und 3 sec Exposition makroskopisch und mikroskopisch keine Reaktion zeigte (Tab. 3, 4), kam es beim Schneidstrom und Mischstrom (im Verhältnis 1:1) bereits zu einer Gewebereaktion bis in die Submucosa (Tab. 3,4).

Bei Leistungsstufe 6 und einer Expositionsdauer von 3 sec entstand bei Mischstrom, dem Strom mit stärkster Wirkung auf das Gewebe, ein Ulcus, das bis zur Mitte bzw. den oberen Schichten der Muscularis propria reichte (Tab. 3, 5; Abb. 6,8). Mit Koagulationsstrom bei Leistungsstufe 9 und 3 sec Exposition entstanden tiefe Erosionen, während es beim Schneidstrom und beim Mischstrom über tiefe Ulcerationen bis zu Perforationen kam (Tab. 3, 6; Abb. 7 , 8).

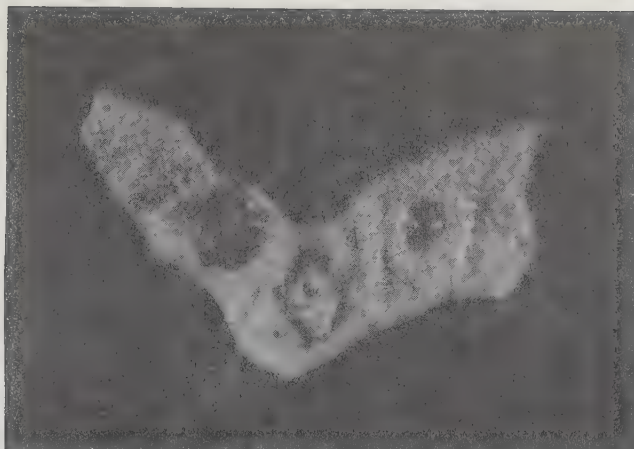


Abb. 6 : Gewebereaktion (Ödem, hyperämischer Randsaum, Koagulation, Perforation) nach Elektrokoagulation - v.l.n.r. I+II Mischstrom, I Schneidstrom, II Koagulationsstrom jeweils Stufe 6/3 sec, Katze, akuter Versuch, Corpus ventriculi.

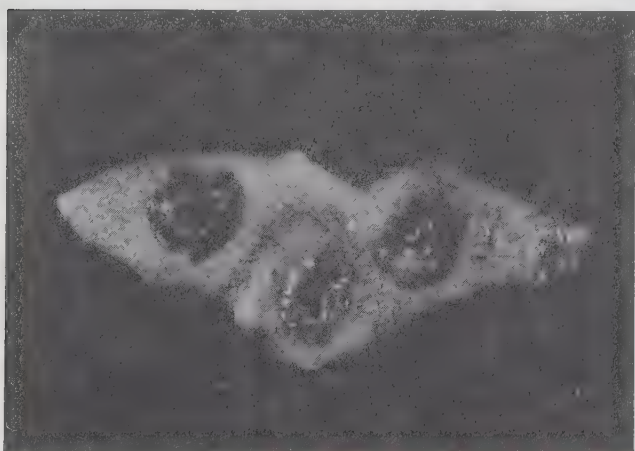


Abb. 7 : Gewebereaktion (Ödem, hyperämischer Randsaum, Koagulation, Perforation) nach Elektrokoagulation - v.l.n.r. I+II Mischstrom, I Schneidstrom, II Koagulationsstrom jeweils Stufe 9/3 sec, Katze, akuter Versuch, Corpus ventriculi.

	Stufe 3/sec 3	Stufe 6/sec 3	Stufe 9/sec 3
Koag. Strom	-	Hyperämie ø 6 mm	beg. Koagulation ø 6 mm
	-	Hyperämie ø 5 mm	Koagulation ø 6 mm
	Hyperämie ø 2 mm	beg. Koag. ø 6 mm	Koagulation ø 5 mm
	-		
	-		
Schneidstrom	beg. Koagulation ø 3 mm	Koagulation ø 5 mm	Perforation ø 8 mm/P s mm
	beg. Koag. Hyp. ø 4 mm	Koagulation ø 7 mm	Perforation ø 8 mm/P 2 mm
	beg. Koag. Hyp. ø 3 mm	Koagulation ø 7 x 9 mm	subtot. Perf. ø 6 mm
Koag. Strom + Schneidstrom	Koagulation ø 6 mm	Perforation ø 8 mm/P 2 mm	Verkohlung subtot. P. ø 9 mm
sog. Mischstrom im Verhältnis 1:1	Koagulation ø 5 mm	Verkohlung ø 8 mm	Perforation ø 9 mm/P 3 mm
	Koagulation ø 6 mm	subtot. Perf. ø 10 mm	Perforation ø 10 x 8 mm/P 3 mm

Tabelle 3: Sofortige Beurteilung der Koagulationseffekte der drei Stromqualitäten (akuter Versuch: Katzen)

Strom- qual.	Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Zeit Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith.Läsion ($\varnothing$ mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle
II	3	3	2,3	-	keine erkennbaren Gewebe- reaktionen	Gewebe- reaktionen
II	3	3	2,3	-	keine erkennbaren Gewebe- reaktionen	Gewebe- reaktionen
I	3	3	2,3	Hyperämie "Ödem"	-	-
I	3	3	2,3	beg.Koag. Koagulation	Submucosa	Submucosa
I+II	3	3	2,3	beg.Koag. Koagulation	Submucosa (min.Peril- tonitis)	Submucosa (Ödem)
I+II	3	3	2,3	Koagu- lation	Koagulation	Submucosa (Ödem)

Tabelle 4 : Elektrokoagulationen im Magen - Stromqualitäten (Akuter Versuch: Katzen)
I = Schneidstrom, II = Koagulationsstrom, I+II = Mischstrom

Strom- qual.	Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith-Läsion (Ø mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle
II	6	3	2,3	Hyperämie	Koagulation	Submucosa (Hyperämie, Ödem)
II	6	3	2,3	beg.Koag.	Koagulation	Submucosa (Ödem)
I	6	3	2,3	Koagu- lation	Koagulation	Submucosa (Ödem)
I	6	3	2,3	Koagu- lation	Koagulation	Submucosa (Hyperämie, min. Peri- tonitis)
I+II	6	3	2,3	Verkohlung subtot. Perf.	Ulcus (Ob. Musc. propria)	äuß. Musc. propria
I+II	6	3	2,3	subtot. Perf.	Ulcus (mi. Musc. propria)	äuß. Musc. propria

Tabelle 5: Elektrokoagulationen im Magen - Stromqualitäten (akuter Versuch: Katzen)

I= Schneidstrom, II= Koagulationsstrom, I+II= Mischstrom

Strom- qual.	Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith.Läsion (ϕ mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle	
II	9	3	2,3	6	Koagu- lation	tiefe Erosion (Submucosa)	äuß. Musc. propria
II	9	3	2,3	6	Koagu- lation	tiefe Erosion	äuß. Musc. propria (Ödem, Hyper- ämie)
I	9	3	2,3	6	subtot. Perf.	tiefes Ulcus (ob. Musc. propria)	Serosa (Peritonitis)
I	9	3	2,3	8/P 2,5	Perf.	Perforation	-
I+II	9	3	2,3	9	subtot. Perf.	tiefes Ulcus (ob. Musc. propria)	äuß. Musc. propria
I+II	9	3	2,3	9/P 3	Perf.	Perforation	-

Tabelle 6: Elektrokoagulationen im Magen - Stromqualitäten (akuter Versuch: Katzen)

I= Schneidstrom, II= Koagulationsstrom, I+II= Mischstrom

4.1.2. Verschiedene Expositionsdauer
Verschiedene Stromstärken > "Vergleichbare
Wirkung"

Nach Erreichen eines zeit- und leistungsabhängigen Schwellenwertes konnten im Magen mit den drei Stromqualitäten Reaktionen vom Ödem und Hyperämie des Epithels über Koagulation bis hin zur Perforation erzielt werden.

Während beim Misch- und Schneidstrom bereits jeweils bei Stufe 2 und weniger als 10 sec erste Reaktionen (Hyperämie) am Gewebe auftraten, konnten diese beim Koagulationsstrom erst bei Leistungsstufe 3 und ab 8 bis 10 sec Expositionsdauer her-
vorgezogen werden. Die Magenwand perforierte zuerst beim Mischstrom im Verhältnis 1:1 bei einer Leistungsstufe von 5 und etwa 4 sec, dann beim Schneidstrom bei Stufe 6 und 4 sec und zuletzt beim Koagulationsstrom bei Leistungsstufe 10 und etwa 13 sec (Tab. 7).

Bei den folgenden Versuchen wurde nur Koagulationsstrom verwendet, weil sich bei Schneid- und Mischstrom aufgrund oben genannter Ergebnisse der Abstand minimaler zu maximaler Gewebereaktion als zu eng für eine effektive und gefahrlose Gewebeschorfung erwies. Die Wahl der Kombinationen aus Leistungsstufe und Einwirkungszeit wurde nach unten durch den Beginn der Verschorfung, nach oben durch Annäherung an eine Perforation begrenzt (vgl. S. 64 ff).

Koagulationsstrom II

Stufe	1	bis 10 sec	-
	2	10 sec	-
	3	10 sec	minimale Hyperämie
	4	10 sec	Hyperämie
	5	ab 5 sec	Koagulation
	.		
	.		
	10	ab 13 sec	Perforation

Schneidstrom I

Stufe	1	bis 10 sec	-
	2	10 sec	Hyperämie
	3	ab 5 sec	Koagulation
	.		
	.		
	6	ab 4 sec	Perforation

Mischstrom I und II (im Verhältnis 1:1)

Stufe	1-1	bis 10 sec	-
	2-2	10 sec	minimale Hyperämie
	3-3	ab 3-4 sec	Koagulation
	.		
	.		
	5-5	ab 4-5 sec	Perforation

Tabelle 7: makroskopische Beurteilung der Koagulationseffekte der drei Stromqualitäten (akuter Versuch: Katzen)

4.2. Akute tierexperimentelle Versuche

Schleimhautkoagulationen im gesamten Gastrointestinaltrakt bei Katzen.

Die an der intakten Schleimhaut des Ösophagus, des Magens sowie des Dünn- und Dickdarms der Katze durchgeführten Elektrokoagulationen im akuten Versuch sollten über die Wirkung des elektrischen Stromes bzw. die therapeutische Breite bei Koagulation mit variierter Stromleistung und Expositionsdauer auf die intakte Gastrointestinalschleimhaut Auskunft geben. Die Reaktionen am Gewebe waren in dieser Versuchsreihe organ- zeit- und leistungsabhängig. Sie führten zunächst zur Ödembildung, im therapeutischen Bereich zur Koagulation mit hyperämischem Randsaum sowie bei anhaltender Einwirkung des Koagulationsstromes zur Verkohlung und Perforation des Gewebes. Die Versuche zeigten, daß im Ösophagus bereits mit den Leistungsstufen 5 und 3, 5, 7 Sekunden bzw. 6 und 3, 5, 7 Sekunden und 7 mit maximal 3 Sekunden Expositionsdauer eine therapeutische Wirkung (Koagulation) auf das Gewebe erreicht werden konnte. Bei den Leistungsstufen 5 und 6 ab 10 Sekunden bzw. 7 ab maximal 3 Sekunden kam es zu tiefen Ulzera mit distaler Reaktionsstelle in der Adventitia, so daß eine sekundäre Perforation zu befürchten war (Tab. 8, 9, 10).

Am wenigsten gefährdet erscheint der Magen. Selbst bei hohen Leistungsstufen (8/9/10) und langer Exposition (bis 10 sec) kam es zu keiner drohenden oder tatsächlichen Perforation und die distale Reaktionsstelle überschritt nur in einem einzigen Fall (Stufe 8/10 sec) die Muscularis propria (Tab. 11, 12, 13, 14).

Auffällig ist besonders im Dünn- und Dickdarm, daß bei den Leistungsstufen 8/9/10 und relativ langer Expositionsdauer (10 sec) fast ohne Rücksicht auf die gerade eingestellte Leistungsstufe immer eine kritische Gewebereaktion (tiefes Ulcus, subtotale Perforation, Perforation) erreicht wird, und die distale Reaktionsstelle fast stets in der Serosa liegt und somit akute Perforationsgefahr besteht (Tab. 15, 16, 17, 18 und 19, 20, 21, 22).

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith.Läsion ($\varnothing$ mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle
5	1	2,3	3	Hyperämie/ flache Erosion beg. Koag.	Submucosa
5	3	2,3	4	Koagulation	Adventitia
5	5	2,3	4	Koagulation	mittl. Musc. propria
5	7	2,3	5	Koagulation	mittl. Musc. propria
5	10	2,3	6	Koagulation/ RS Perforation	-

Tabelle 8: Elektrokoagulationen im Ösophagus mit Koagulationsstrom
(akuter Versuch: Katzen)

RS= Koagulation bei Betrachtung der Ösophagusrückseite erkennbar

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith.Läsion ($\varnothing$ mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle
6	1	2,3	3	beg. Koag.	Submucosa
6	3	2,3	5	Koagulation	mittl. Musc. propria
6	5	2,3	6	Koagulation	mittl. Musc. propria
6	7	2,3	4	Koagulation	mittl. Musc. propria
6	10	2,3	7	Verkohlung/ RS	Adventitia

Tabelle 9: Elektrokoagulationen im Ösophagus mit Koagulationsstrom
(akuter Versuch: Katzen)

RS= Koagulation bei Betrachtung der Ösophagusrückseite erkennbar

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith.Läsion (Ø mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle
7	1	2,3	4	beg. Koag.	flaches Ulcus mittl. Musc. propria
7	3	2,3	4	Koagulation	flaches Ulcus mittl. Musc. propria
7	5	2,3	5	Koagulation	tiefes Ulcus Adventitia
7	7	2,3	6	Koagulation/ RS	tiefes Ulcus Adventitia
7	10	2,3	9	Verkohlung/ RS	tiefes Ulcus Adventitia
		8/P 2		Perforation	-

Tabelle 10: Elektrokoagulationen im Ösophagus mit Koagulationsstrom
(akuter Versuch: Katzen)

RS= Koagulation bei Betrachtung der Ösophagusrückseite erkennbar

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf (ϕ mm)	Epith.Läsion (ϕ mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle
7	3	2,3	3	Hyperämie	flache Erosion	Submucosa
7	5	2,3	4	Hyperämie beg. Koag.	Koagulation	ob. Musc. propria
7	7	2,3	5	Koagulation	Erosion	Serosa
7	10	2,3	7	Koagulation/ RS	Erosion	Submucosa

Tabelle 11: Elektrokoagulationen im Magen mit Koagulationsstrom
(akuter Versuch: Katzen)

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith.Läsion ($\varnothing$ mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle
8	3	2,3	4	Hyperämie	Submucosa
8	5	2,3	5	beg. Koag.	Submucosa (Ödem)
8	7	2,3	5	Koagulation	äuß. Musc. propria
8	10	2,3	8	Koagulation/ RS	Serosa (serofibri- nöse Peri- tonitis)

Tabelle 12: Elektrokoagulationen im Magen mit Koagulationsstrom
(akuter Versuch: Katzen)

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith.Läsion (ϕ mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle	
9	3	2,3	6	Hyperämie	flache Erosion	Submucosa
9	5	2,3	6	beg. Koag.	tiefe Erosion	äuß. Musc. propria
9	7	2,3	6x8	Koagulation	tiefe Erosion	Submucosa (Ödem)
9	10	2,3	7,5	Koagulation/ RS	flaches Ulcus	ob. Musc. propria

Tabelle 13: Elektrokoagulationen im Magen mit Koagulationsstrom
(akuter Versuch: Katzen)

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith.Läsion ($\varnothing$ mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle
10	3	2,3	6	Hyperämie/ beg. Koag.	Submucosa
10	5	2,3	9	Koagulation	ob. Musc. propria
10	7	2,3	9x11	Koagulation/ RS	Submucosa (Ödem)
10	10	2,3	9x11	Verkohlung/ RS	Musc.pro- pria (Gefäßob- litera- tionen)

Tabelle 14: Elektrokoagulationen im Magen mit Koagulationsstrom
(akuter Versuch: Katzen)

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith.Läsion (ϕ mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle
7	3	2,3	4	Koagulation flache Erosion	mittl. Musc. propria
7	5	2,3	7	Koagulation Erosion	Serosa
7	7	2,3	6	Koag.(RS) Erosion	mittl. Musc. propria
7	10	2,3	8	Verkohlung/ RS tiefe Erosion	Serosa

Tabelle 15: Elektrokoagulationen im Dünndarm mit Koagulationsstrom
(akuter Versuch: Katzen)

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf ($\varnothing$ mm)	Epith.Läsion ($\varnothing$ mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle
8	3	2,3	4	Koagulation	Erosion	mittl. Musc. propria
8	5	2,3	7	Koagulation	Koagulation	Submucosa (Hyper- ämie)
8	7	2,3	6-7	Verkohlung	tiefe Erosion	Submucosa
8	10	2,3	10	Verkohlung/ RS	Ulcus	Serosa

Tabelle 16: Elektrokoagulationen im Dünndarm mit Koagulationsstrom
(akuter Versuch: Katzen)

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith.Läsion (ϕ mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle
9	3	2,3	7	Koagulation	Serosa
9	5	2,3	6x8	Koagulation	äuß.Musc. propria
9	7	2,3	7	Verkohlung	Serosa
9	10	2,3	9,5	Verkohlung/ RS	Serosa

Tabelle 17: Elektrokoagulationen im Dünndarm mit Koagulationsstrom
(akuter Versuch: Katzen)

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf ($\varnothing$ mm)	Epith.Läsion ($\varnothing$ mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle
10	3	2,3	7	Koagulation	Erosion	Serosa
10	5	2,3	8-9	Verkohlung	tiefe Erosion	mittl. Musc. propria
10	7	2,3	9x11	Verkohlung/ RS	Ulcus (ob. Musc.propria)	Serosa (fibrinöse Peri- tonitis)
10	10	2,3	11 10/P 4	Verkohlung/RS Perf.	tiefes Ulcus Perf.	Serosa _

Tabelle 18: Elektrokoagulationen im Dünndarm mit Koagulationsstrom
(akuter Versuch: Katzen)

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith.Läsion (ϕ mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle	
7	3	2,3	4	Hyperämie beg. Koag.	flache Erosion	Submucosa (Ödem)
7	5	2,3	5	Koagulation	Erosion	Musc. propria
7	7	2,3	5x6	Koagulation	Koagulation	Submucosa
7	10	2,3	7x8	Koagulation/ RS	Erosion	mittl. Musc. propria

Tabelle 19: Elektrokoagulationen im Dickdarm mit Koagulationsstrom
(akuter Versuch: Katzen)

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith.Läsion ($\varnothing$ mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle	
8	3	2,3	4	beg. Koag.	flache Erosion	äuß. Musc. propria
8	5	2,3	5	Koagulation	Erosion	Submucosa
8	7	2,3	6	Koagulation	tiefe Erosion	ob. Musc. propria
8	10	2,3	8	Verkohlung (subtotale Perf.)	Ulcer	Musc. propria

Tabelle 20: Elektrokoagulationen im Dickdarm mit Koagulationsstrom
(akuter Versuch: Katzen)

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf ($\varnothing$ mm)	Epi-th. Läsion ($\varnothing$ mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle
9	3	2,3	6	beg. Koag.	flache Erosion	mittl. Musc. propria
9	5	2,3	6-7	Koagulation	tiefe Erosion	Serosa
9	7	2,3	7x8	Verkohlung	Erosion	äuß.Musc. propria
9	10	2,3	7,5-9	Verkohlung/ RS	Ulcus	Serosa

Tabelle 21: Elektrokoagulationen im Dickdarm mit Koagulationsstrom
(akuter Versuch: Katzen)

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith.Läsion (Ø mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle
10	3	2,3	8	Koagulation tiefe Erosion	mittl. Musc. propria
10	5	2,3	7	Koagulation	Serosa
10	7	2,3	9	Verkohlung	äuß. Musc. propria
			10/P 2	Perforation	-
10	10	2,3	10x12	Verkohlung	äuß. Musc. propria
			10	subtot.Perf.	Serosa
				subtot.Perf.	

Tabelle 22 : Elektrokoagulationen im Dickdarm mit Koagulationsstrom
(akuter Versuch: Katzen)

4.3. Chronische tierexperimentelle Versuche

Schleimhautkoagulationen am Dünndarm, Magen,
Ösophagus und Dickdarm bei Hunden

Chronische tierexperimentelle Versuche nach endoskopischer Elektrokoagulation im Gastrointestinaltrakt des Hundes sollten Aufschluß über eventuell auftretende Komplikationen in der Abheilungsphase der Koagulationen sowie über die therapeutische Breite der Elektrokoagulation geben.

In dieser Versuchsreihe an drei Hunden sollte die Abheilungstendenz von 71 Koagulationen histologisch durch Sektion nach einer Stunde, nach 7 Tagen und nach 14 Tagen untersucht werden.

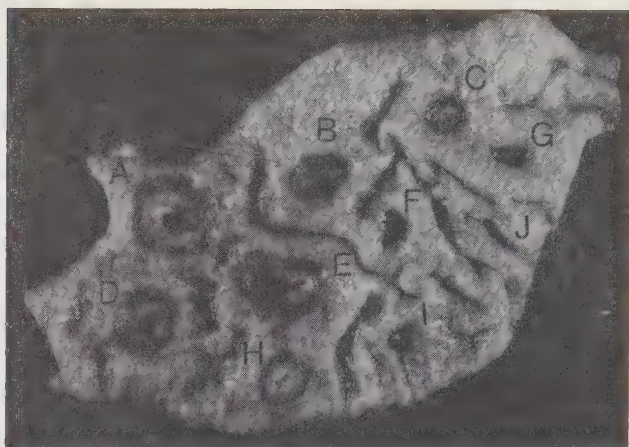
Der Hund, der 14 Tage hätte überleben sollen, verstarb am 6. postoperativen Tag nach etwa 140 Stunden Überlebenszeit. Bei der Sektion wurde als Todesursache eine kotige Peritonitis infolge sekundärer Perforationen vieler der in Magen und Dünndarm und aller im Dickdarm gesetzten Koagulationen festgestellt. Bei der histologischen Untersuchung der nicht perforierten Koagulationsstellen zeigte sich bei allen Präparaten ein ähnliches Bild. Die Koagulationsfelder hatten an Größe erheblich zugenommen, wohl durch mit der Zeit fortschreitender Nekrobiose. In dem umgebenden Gewebe hatte sich kaum frisches Granulationsgewebe gebildet. Es gab auch keine Anzeichen einer Reepithelisation, so daß bei

längerem Überleben des Hundes mit Sicherheit viele der noch nicht perforierten Stellen durchgebrochen wären (vgl. Tab. 26, 27, 28, 29).

Beim Hund, der eine Stunde überlebte, zeigte sich histologisch ein den akuten Versuchen an Katzen entsprechendes Bild. Das die Koagulationsstellen umgebende Gewebe zeigte noch keinerlei Reaktion auf die vorausgegangenen Läsionen. Ebenso konnte auch hier die relative Unempfindlichkeit des Magens und zum Teil auch des Dickdarms gegenüber Einwirkungen des elektrischen Stroms im Vergleich zum Ösophagus festgestellt werden. Um eine approximative Untergrenze der Stromeinwirkung festzulegen, wurde zusätzlich bei den Leistungsstufen 3 und 5 über jeweils 5 Sekunden koaguliert (Abb. 9). Im Vergleich von sofortiger makroskopischer Beurteilung und tatsächlicher mikroskopisch feststellbarer Stromwirkung auf das Gewebe des Gastrointestinaltraktes zeigten sich an Koagulationsstellen, an denen makroskopisch nur eine geringe Hyperämie festzustellen war, mikroskopisch bei Leistungsstufe 5 und 5 Sekunden im Ösophagus und Magen bereits Erosionen, im Dickdarm eine Koagulation des Gewebes (vgl. Tab. 30, 31, 32; Abb. 10 bis 22).

Beim Hund, der 7 Tage überlebte, zeigte sich in den histologischen Präparaten frisches Granulationsgewebe, wobei in der Mehrzahl der Fälle eine Reepithelisierung bereits eingeleitet war. Im Magen

war eine Koagulationsstelle fast perforiert ("gedeckte Perforation"), sonst zeigten sich meist tiefe Ulcera, die jedoch wegen des frischen und üppigen Granulationsgewebes und der Reepithelisation mit großer Wahrscheinlichkeit nicht zum Tode des Hundes geführt hätten (vgl. Tab. 23, 24, 25). Bei diesem Hund und demjenigen, der am 6. postoperativen Tag verstarb, wurden um den 2. und 3. Tag nach dem operativen Eingriff Teerstühle beobachtet, die beim überlebenden Hund geringer wurden und am 4. Tag ausblieben.



		Stufe	sec
A	I+II	9	3
B	I+II	6	3
C	I+II	3	3
D	I	9	3
E	I	9	3
F	I	6	3
G	I	3	3
H	II	9	3
I	II	6	3
J	II	3	3

Abb. 8 : Gewebereaktion (Ödem, hyperämischer Randsaum, Koagulation, Verkohlung, Perforation) nach Elektrokoagulation (II) - Hund I, chron. Versuch, Magen I + II Mischstrom, I Schneidstrom, II Koagulationsstrom.

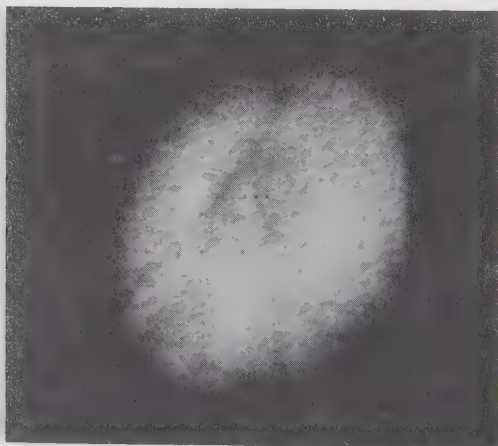


Abb. 9 : Gewebereaktion (Hyperämie) nach endoskopischer Elektrokoagulation (Koagulationsstrom= II) -Stufe 3/5 sec, Hund I, chron. Versuch, Corpus ventriculi.

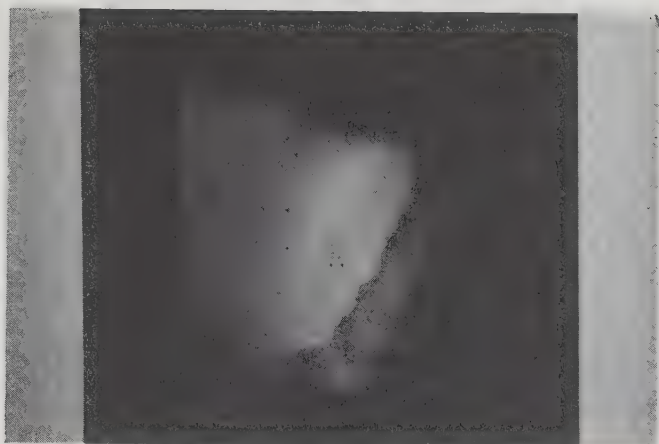


Abb. 10 : Gewebereaktion (Ödem, hyperämischer Randsaum, Koagulation) nach endoskopischer Elektrokoagulation (II) - Stufe 6 / 5 sec, Hund I, chron. Versuch, Ösophagus (II Koagulationsstrom).

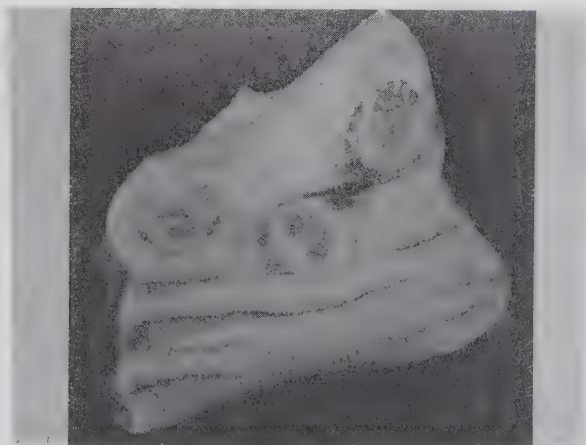


Abb. 11 : Gewebereaktion (Ödem, hyperämischer Randsaum, Koagulation) nach Elektrokoagulation (II) - v.l.n.r. Stufe 6 / 3-5-7 sec, entspricht endoskopischer Aufnahme von Abb. 10 . Hund I, chron. Versuch, Ösophagus (II Koagulationsstrom).

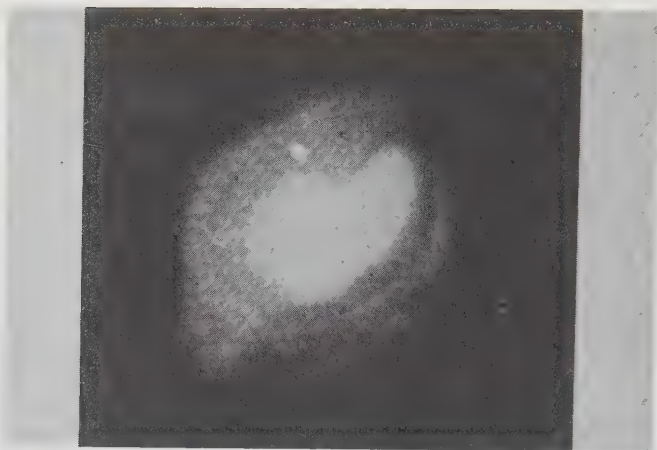


Abb. 12 : Gewebereaktion (Ödem, hyperämischer Randsaum, Koagulation) nach endoskopischer Elektrokoagulation (II) - Stufe 9 / 5 sec, Hund I, chron. Versuch, Corpus ventriculi (II Koagulationsstrom).

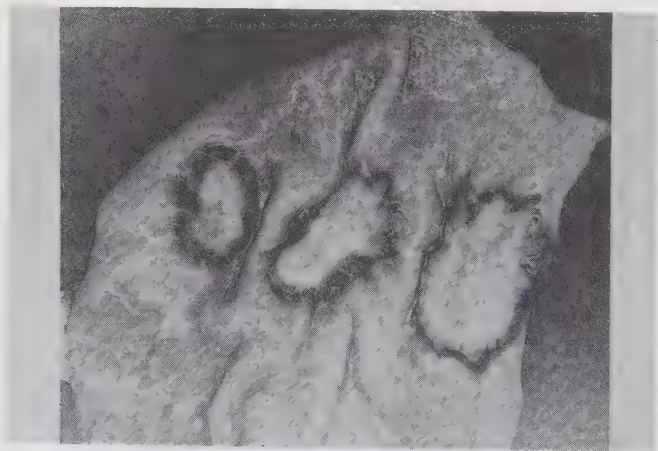


Abb. 13 : Gewebereaktion (Ödem, hyperämischer Randsaum, Koagulation) nach Elektrokoagulation (II) - v.l.n.r. Stufe 9 / 3-5-7 sec (Läsion Stufe 9 / 5 sec entspricht endoskop. Aufnahme von Abb. 12), Hund I, chron. Versuch, Corpus ventriculi (II Koagulationsstrom).

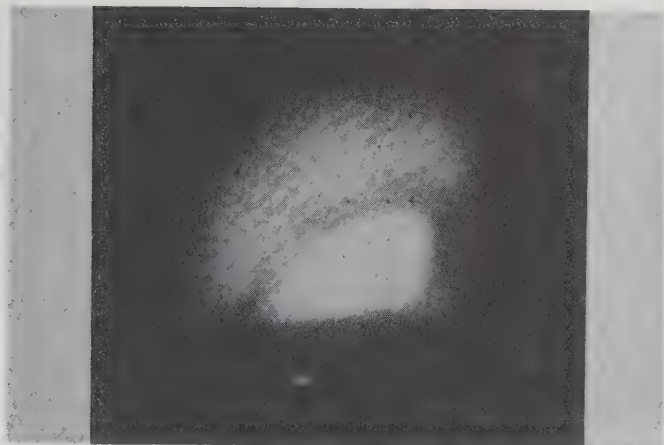


Abb. 14 : Gewebereaktion (Ödem, hyperämischer Randsaum, Koagulation) nach endoskopischer Elektrokoagulation (II) - Stufe 10 / 5 sec, Hund I, chron. Versuch, Colon (II Koagulationsstrom).

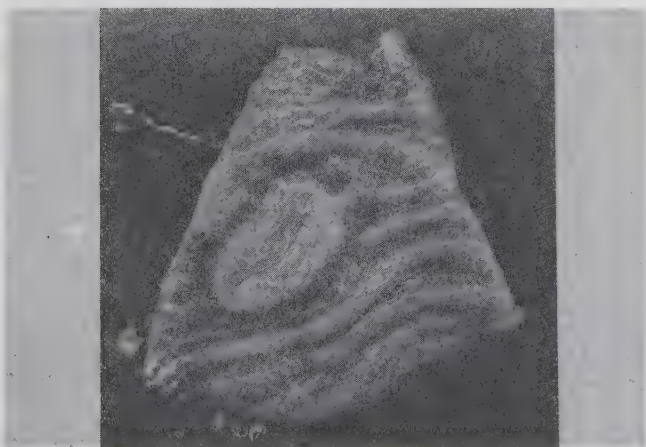


Abb. 15 : Gewebereaktion (Ödem, hyperämischer Randsaum, Koagulation) nach Elektrokoagulation (II) - Stufe 10 / 5 sec (Läsion entspricht endoskopischer Aufnahme von Abb. 14), Hund I, chron. Versuch, Colon (II Koagulationsstrom).

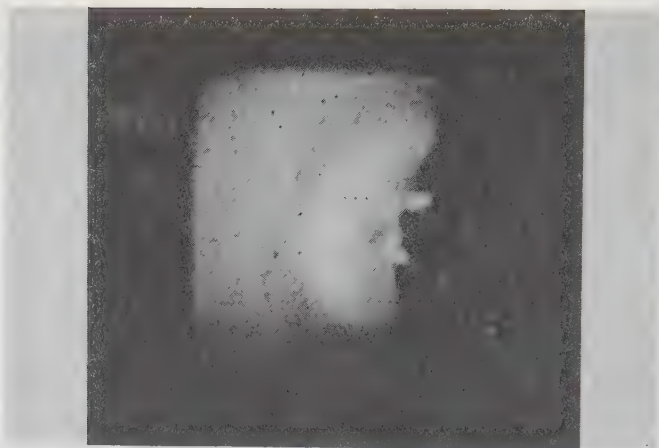


Abb. 16 : Gewebereaktion (Ödem, hyperämischer Randsaum, Koagulation) nach endoskopischer Elektrokoagulation (II) - Stufe 9 / 5 sec, Hund I, chron. Versuch, Colon (II Koagulationsstrom).

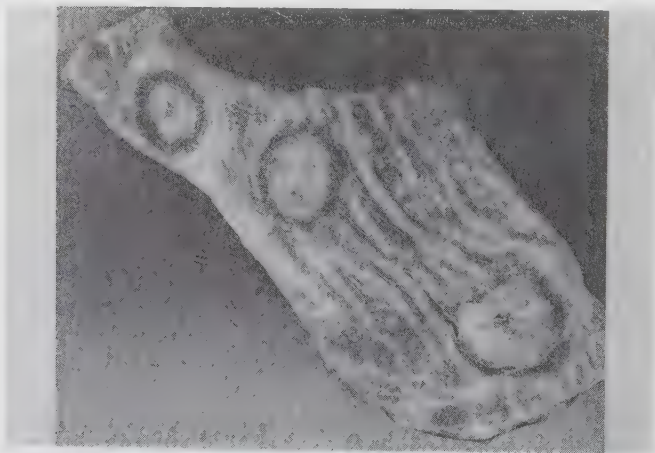
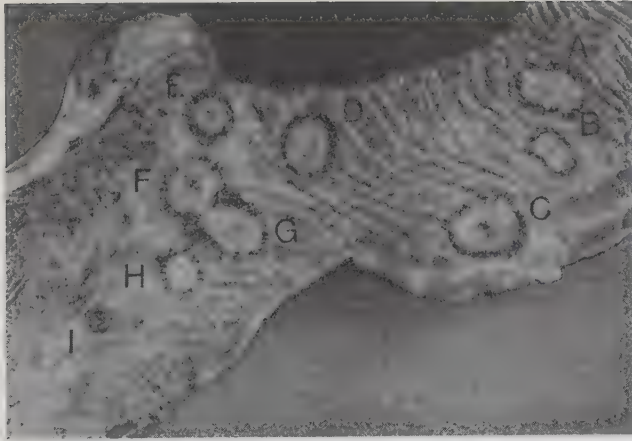


Abb. 17 : Gewebereaktion (Ödem, hyperämischer Randsaum, Koagulation, beginnende Verkohlung) nach Elektrokoagulation (II) - v.l.n.r. Stufe 9 / 3-5-7 sec (Läsion Stufe 9 / 5 sec entspricht endoskopischer Aufnahme von Abb. 16), Hund I, chron. Versuch, Colon (II Koagulationsstrom).



	Stufe	sec
A	II	10 5
B	II	10 3
C	II	9 7
D	II	9 5
E	II	9 3
F	II	8 7
G	II	8 5
H	II	5 5
I	II	3 5

Abb. 18 : Gewebereaktion (Ödem, hyperämischer Randsaum, Koagulation, beginnende Verkohlung) nach endoskopischer Elektrokoagulation (II) - Hund I, chron. Versuch, Colon (II Koagulationsstrom).

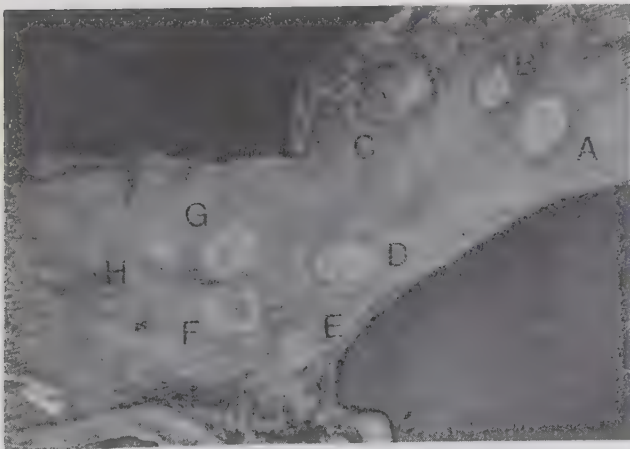


Abb. 19 : Entsprechende Rückseite des Sektionspräparates von Abb. 18, Hund I, chron. Versuch, Colon.

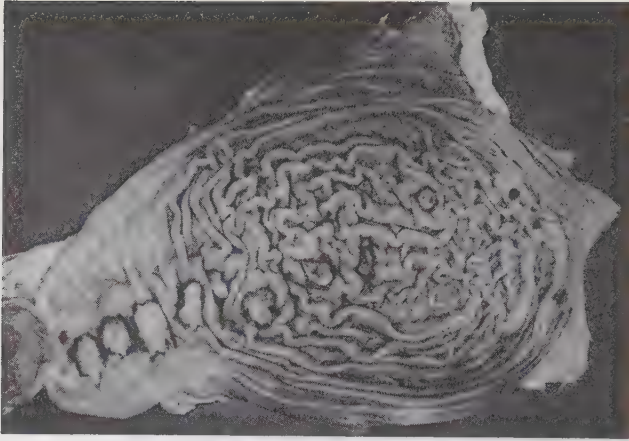


Abb. 20 : Gewebereaktion (Ödem, hyperämischer Randsaum, Koagulation, beginnende Verkohlung) nach endoskopischer Elektrokoagulation (II) - v.l.n.r. Stufe 10/5 sec, 10/3, 9/7, 9/5, 9/3, 8/7, 8/5, 8/3, 5/5, 3/5, Hund I, chron. Versuch, Magen (II Koagulationsstrom).

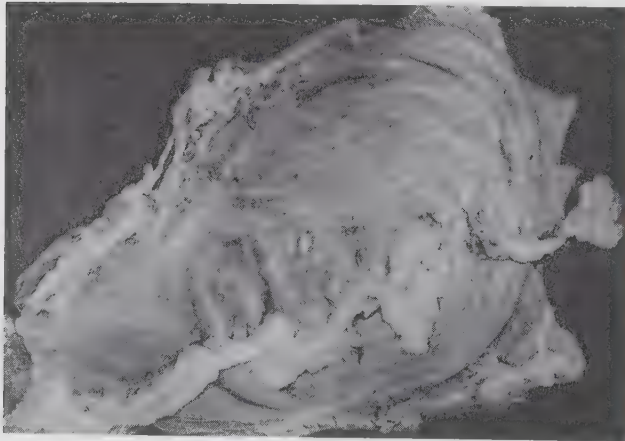


Abb. 21 : Entsprechende Rückseite des Sektionspräparates von Abb. 20, Hund I, chron. Versuch, Magen.

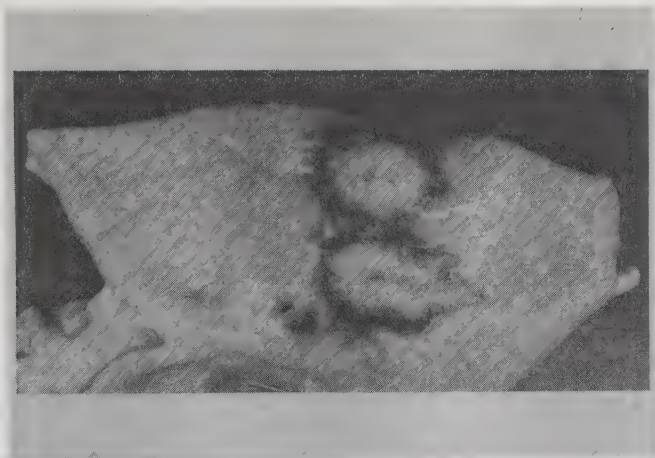


Abb. 22 : Gewebereaktion (Ödem, hyperämischer Rand-
saum, Koagulation, beginnende Verkohlung)
nach Elektrokoagulation (II) -
Stufe 10/3 sec im Bild oben und Stufe 10/5 sec
im Bild unten, Hund I, chron. Versuch,
Antrum (vgl. Abb. 20) (II Koagulationsstrom).

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith.Läsion ($\varnothing$ mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle
6	3	2,3	3 frisches Gran.gewebe beg.Reepithe- lisierung	tiefes Ulcus	äuß. Musc. propria
	5	2,3	4 frisches Gran.gewebe	tiefes Ulcus	äuß. Musc. propria
	7	2,3	4 frisches Gran.gewebe beg.Reepithe- lisierung	tiefes Ulcus	Adventitia
7	3	2,3	4 frisches Gran.gewebe beg.Reepithe- lisierung	tiefes Ulcus	mittl. Musc. propria
	5	2,3	6 frisches Gran.gewebe	tiefes Ulcus	Adventitia

Tabelle 23: Endoskopische Elektrokoagulationen im Ösophagus mit Koagulationsstrom
(chron. Versuch: Hund II; 7 Tage Überlebenszeit)

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Lokali- sation	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith.Läsion (Ø mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle
8	3	Corpus große Curv.	2,3	frisches Gran.gewebe beg.Reepi- thelisierung	Ulcus	äuß.Musc. propria
	5	Corpus große Curv.	2,3	"	tiefes Ulcus	Serosa
	7	"	2,3	frisches Gran.gewebe	tiefes Ulcus	Serosa
	10	Corpus	2,3	frisches Gran.gewebe beg.Reepi- thelisierung	tiefes Ulcus (subtot. Perf.)	Serosa
9	3	Corpus	2,3	"	tiefes Ulcus	äuß.Musc. propria
	5	Antrum große Curv.	2,3	"	"	Serosa
	7	"	2,3	"	"	Serosa
	3	Antrum kleine Curv.	2,3	"	Ulcus	mittl.Musc. propria
10	5	"	2,3	"	tiefes Ulcus	äuß. Musc. propria

Tabelle 24: Endoskopische Elektrokoagulationen im Magen mit Koagulationsstrom
(chron. Versuch : Hund II; 7 Tage Überlebenszeit)

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith.Läsion (Ø mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle	
7	3	2,3	4	frisches Gran.gewebe beg.Reepi- thelisierung	Ulcus	äuß.Musc. propria
	5	2,3	4	" "	nicht auswert- bar	Serosa
8	7	2,3	5	" "	tiefes Ulcus	Serosa
	3	2,3	4	" "	Ulcus	Serosa
	5	2,3	5	frisches Gran.gewebe	tiefes Ulcus	Serosa
	7	2,3	8	frisches Gran.gewebe beg.Reepi- thelisierung	tiefes Ulcus	Serosa

Tabelle 25: Endoskopische Elektrokoagulationen im Dünndarm mit Koagulationsstrom
(chron. Versuch: Hund II; 7 Tage Überlebenszeit)

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf (ϕ mm)	Epith.Läsion (ϕ mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle
6	3	2,3	6	min. Gran.gewebe	subtot. Perf.	Adventitia (Nekrose)
	5	2,3	8	-	subtot. Perf.	Adventitia (subtot. Nekrose)
	7	2,3	10x13	min. Gran.gewebe	subtot. Perf.	Adventitia (subtot. Nekrose)
7	3	2,3	8x10	min. Gran.gewebe	tiefes Ulcus	Adventitia (ausgepr. Nekrose bis in äuß.Mus- kelschichten)
	5	2,3	13	-	tiefes Ulcus	Adventitia (fibrinöse Periösopha- gitis)

Tabelle 26: Endoskopische Elektrokoagulationen im Ösophagus mit Koagulationsstrom
(chron. Versuch: Hund III; Tod am 6. postoperativen Tag)

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Lokali- sation	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith.Läsion (Ø mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle
8	3	Corpus große Curv.	2,3	min. Gran.gewebe	tiefes Ulcus	Serosa
	5	Corpus große Curv.	2,3	frisches Gran.gewebe	tiefes Ulcus	Submucosa
	7	Corpus große Curv.	2,3	-	Perfora- tion	-
9	3	Corpus	2,3	frisches Gran.gewebe	tiefes Ulcus	Serosa (fibrinöse Peritonitis)
	5	Antrum	2,3	min. Gran.gewebe	tiefes Ulcus	mittl. Musc. propria (fibr. Peri- tonitis)
	7	Antrum	2,3	-	tiefes Ulcus	äuß. Musc. propria (Ne- krose, fibr. Peritonitis)
10	3	Antrum kleine Curv.	2,3	min. Gran.gewebe	tiefes Ulcus	Musc.propria (fibr.Peritoni- tis)
	5	Antrum kleine Curv.	2,3	min. Gran.gewebe	tiefes Ulcus	mittl.Musc. propria.(geringe serofibrin.Peri- tonitis)

Tabelle 27: Endoskopische Elektrokoagulationen im Magen mit Koagulationsstrom
(chron. Versuch: Hund III ; Tod am 6. postoperativen Tag)

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith.Läsion ($\varnothing$ mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle	
7	3	2,3	5	min. Gran.gewebe	tiefes Ulcus	Serosa (Schwere Nekrose der Musc. propria)
	5	2,3	6	-	Perforation	-
	7	2,3	6	-	Perforation	-
8	3	2,3	6	min. Gran.gewebe	Perforation	-
	5	2,3	8	-	Perforation	-

Tabelle 28: Endoskopische Elektrokoagulationen im Dünndarm mit Koagulationsstrom
(chron. Versuch: Hund III; Tod am 6. postoperativen Tag)

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith.Läsion ($\varnothing$ mm)	Reaktion	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle
8	5	2,3	8	-	-
	7	2,3	10	Perforation	-
9	3	2,3	8	Perforation	-
	5	2,3	10	Perforation	-
10	7	2,3	13	Perforation	-
	3	2,3	12	Perforation	-
	5	2,3	15	Perforation	-

Tabelle 29: Endoskopische Elektrokoagulationen im Dickdarm mit Koagulationsstrom
(chron. Versuch: Hund III, Tod am 6. postoperativen Tag)

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Lokali- sation	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith-Läsion (ϕ mm)	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle
3	5	Corpus große Curv.	2,3	Koagulation	Submucosa
5	5	Corpus große Curv.	2,3	flache Erosion (Ödem)	Submucosa
8	3	Corpus große Curv.	2,3	tiefe Erosion (Koag.Submucosa)	Serosa (min. fibrin.Peri- tonitis)
	5	Corpus	2,3	flache Erosion (Koag.Submucosa) bulla zwischen Musc.muc. u. ba- saalem Epith.	äuß. Sub- mucosa
9	7	Corpus große Curv.	2,3	Erosion (Koag.Submucosa)	Serosa (Peritonitis)
	3	Corpus	2,3	Koag. tiefe Sub- mucosa	tiefe Sub- mucosa
	5	Antrum, Corpus	2,3	flache Erosion	mittl. Sub- mucosa
	7	Antrum kleine Curv.	2,3	Erosion	ob. Muscularis propria
10	3	Antrum kleine Curv.	2,3	flache Erosion	Submucosa (Verquellung)
	5	Antrum kleine Curv.	2,3	flache Erosion (Koag.Submucosa)	mittl. Muscula- ris propria

Tabelle 30 : Endoskopische Elektrokoagulationen im Magen mit Koagulationsstrom
(chron. Versuch : Hund I; 60 Min. Überlebenszeit)

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith.läsion (ϕ mm)	Art der Läsion	distale Reaktions- stelle
3	5	2,3	Koagulation (Ödem Submucosa)	Adventitia
5	5	2,3	Erosion	Submucosa (min. Periösopha- gitis)
6	3	2,3	flache Erosion (Koag.Submucosa)	Adventitia (min. Periösopha- gitis)
	5	2,3	Erosion (Koag.Submucosa)	Adventitia (musc. Nekrose, Peri- ösophagitis)
7	7	2,3	Erosion (Koag.Submucosa)	Adventitia (musc. Nekrose, Peri- ösophagitis)
	3	2,3	flaches Ulcus (Koag.Submucosa und Musc.propria)	Adventitia
	5	2,3	tiefes Ulcus	Adventitia(musc. Nekrose,fibrinöse Periösophagitis)

Tabelle 31: Endoskopische Elektrokoagulationen im Ösophagus mit Koagulationsstrom
(chron. Versuch : Hund I; 60 Min. Überlebenszeit)

Leistung (Stufe)	Zeit (sec)	Koagulationsfeld Elektr.kopf Epith. Läsion (ϕ mm)	Art der Läsion	distale Reaktionsstelle
3	5	2,3	3	Koagulation Submucosa
5	5	2,3	4	Koagulation (Submucosa)
8	5	2,3	5	flache Erosion (Koag.Musc. propria)
	7	2,3	6	tiefe Erosion
9	3	2,3	5	flache Erosion
	5	2,3	7	Erosion
	7	2,3	10	Ulcus
10	3	2,3	10	flache Erosion (Koag. tiefe Sub- mucosa)
	5	2,3	9	Erosion (Koag. Submucosa)

Tabelle 32: Endoskopische Elektrokoagulationen im Dickdarm mit Koagulationsstrom
(chron. Versuch: Hund I; 1 Std. Überlebenszeit)

5. D i s k u s s i o n

5.1. Moderne Fiberskope und Elektrokoagulation

Die Behandlung akuter Blutungen aus dem Gastrointestinaltrakt zählt zu den schwierigsten internistischen Problemen. Als eine der ersten erfolgversprechenden Maßnahmen derartige Blutungen zu stillen, bot sich seit Entwicklung der modernen Fiberskope die Hochfrequenzdiathermie an. Erst diese ermöglichten es dem Endoskopiker, in Körperhöhlen vorzudringen und Ösophagus, Magen, Duodenum und Kolon direkt zu besichtigen (12, 13). Experimentelle Untersuchungen an intakter oder blutender Schleimhaut (5, 9, 18, 24, 25, 31, 32) sowie klinische Erfahrungen mit der Elektrokoagulation blutender Läsionen sind bislang nicht sehr zahlreich (vgl.29). Die vorliegende Arbeit diente unter diesem Gesichtspunkt dem Zweck, experimentelle Grundlagen zu erarbeiten. In akuten und chronischen Versuchen an der gesunden Schleimhaut im gesamten Gastrointestinaltrakt an Katzen und Hunden sollte die Wirkung des elektrischen Stromes bzw. die therapeutische Breite bei Koagulationen untersucht werden. In einer zweiten Studie (vgl. 29) dienen die Versuchsergebnisse dieser Arbeit als Basis zur Koagulation artifiziell gesetzter, blutender Läsionen. Ein weiteres Anliegen dieser Arbeit war, die verschieden starke Wirkung der drei Stromqualitäten Schneid-, Misch- und Koagulationsstrom einzukreisen.

5.2. Stromqualitäten

Es sollten

- a.) unter gleichen Voraussetzungen (gleiche Stromstärke, gleiche Exposition) die unterschiedliche Wirkung von Koagulations-Schneid- und Mischstrom bzw.
- b.) "vergleichbare Wirkungen" der Stromqualitäten bei jeweils verschiedener Exposition und Stromstärke

dargestellt werden.

Diese Versuche an der intakten Schleimhaut des Magens der Katze machten deutlich, daß Schneid- und im besonderen Maß Mischstrom aggressiver sind als Koagulationsstrom. Beim Schneidstrom konnten innerhalb der Grenzen von Leistungsstufe 2 und 10 sec Exposition bis Stufe 6 und 4 sec Dauerexposition Gewebereaktionen beginnend bei minimaler Hyperämie über Koagulation bis hin zur Perforation erzielt werden. Bei Anwendung von "Mischstrom" im Verhältnis 1:1 lagen diese Grenzwerte minimaler-maximaler Gewebereaktion noch näher beisammen. Ein effektives Arbeiten wäre nur innerhalb sehr enger Grenzen möglich, nämlich Leistungsstufe 3 und einer relativ kurzen Applikationszeit von wenigen Sekunden. Schneid- und Mischstrom erlauben eher eine scharfe, schnelle und in die Tiefe führende Schnittführung

als eine großflächige, oberflächenhafte Verschorfung des Gewebes. Photographische Dokumentation und histologische Auswertung bestätigen dies. Insbesondere bei dünnwandigen Anteilen des Gastrointestinaltraktes sollte man die Anwendung von perforationsträchtigem Schneidstrom vermeiden. Selbstverständlich bestimmt beim Mischstrom der relative Anteil von Funkenstreckenstrom den Grad der Verschorfung.

Beim Koagulationsstrom sind die risikoarmen und effektiven Leistungs- und Zeitintervalle aus vorgegebenen Einstellmöglichkeiten am Elektrotom wesentlich größer. Erste Gewebereaktionen (Hyperämie) zeigten sich ab Stufe 4 und 10 sec, eine effektive Koagulation war ab Stufe 5 und mehr als 5 sec Dauerexposition möglich und Perforationen waren erst ab Stufe 10 und mehr als 13 sec zu erwarten. Dem Ausführenden steht bei einer gewählten Leistung (selbst bei Stufe 10 als höchster Stufe des Elektrotoms) ein wesentlich größeres Zeitintervall zur Verfügung, und damit eine bessere Dosierbarkeit und Steuerbarkeit der Stromeinwirkung auf das Gewebe. Leider machen viele Autoren, die sich mit der Elektrokoagulation beschäftigen (5, 6, 18, 24, 25, 26, 34), keine Angaben über die verwendete Stromqualität und ihre Ergebnisse sind wegen der Verwendung verschiedener Hochfrequenzgeräte nicht vergleichbar. Es sei darauf hingewiesen, daß bei Elektrokoagulationen

die Stromwirkung auf das Gewebe bei hoher Leistung und kurzer Zeit bzw. bei niedriger Leistungsstufe und langer Exposition keineswegs die gleiche ist, selbst wenn das Produkt aus Leistung und Zeit gleich ist. Im ersteren Fall kann die entstandene Wärme nicht schnell genug abfließen und es gibt eine gute Koagulationszone um die Elektrode (36). Zur Erzielung eines optimalen Koagulationseffektes ohne übermäßige, perforationsträchtige Tiefenwirkung scheint Koagulationsstrom - appliziert in kurzen hochdosierten Stromstößen - am besten geeignet (29, 32).

5.3. Elektrokoagulationen im Gastrointestinaltrakt

Die in dieser Arbeit vorgelegten Untersuchungen über die Wirkung des elektrischen Stromes auf die intakte Schleimhaut des Gastrointestinaltraktes (Ösophagus , Magen, Dünndarm, Dickdarm) im akuten Versuch an der Katze sowie im chronischen Experiment am Hund haben gezeigt, daß die Reaktionen des Gewebes organ-, leistungs- und zeitabhängig sind. Die Reaktionen selbst betreffen alle Übergänge von der Hyperämie, dem Schleimhautödem bis zur Koagulation und Verkohlung des Gewebes. Subtotale und vollständige Perforationen sind in einigen Fällen im akuten Versuch an der Katze und bei einem Hund im chronischen Versuch beobachtet worden.

Vor allem die akuten Versuche an der Katze sollten über die therapeutische Breite des Koagulationsstromes Auskunft geben. Bei der histologischen Auswertung konnte gezeigt werden, daß im Ösophagus bei Leistungsstufe 5 und 6 bei mehr als 7 Sekunden Exposition und bei Stufe 7 bereits bei mehr als 3 Sekunden mit subtotalen bzw. totalen Perforationen zu rechnen ist. Der Ösophagus erwies sich damit als empfindlichstes Organ.

Im Dickdarm und noch mehr im Dünndarm durfte man die Expositionszeit von 7 Sekunden bei allen Leistungsstufen nicht überschreiten, um nicht tiefgehende und perforationsträchtige Gewebereaktionen auszulösen.

Diese Situation ist dann gegeben, wenn die Submucosa durchbrochen ist und der Ulcusgrund in die äußere Hälfte der Muscularis propria oder gar in die Serosa reicht. Bei so tiefgehenden Defekten ist manchmal die narbige Abheilung trotz vitaler Reaktion des umgebenden Gewebes nicht mehr möglich (vgl. 3, 4); was eine sekundäre Perforation begünstigen dürfte.

Spielen andere Faktoren, die den Heilungsprozess negativ beeinflussen, keine Rolle, so heilen flache Ulcera mit Ausbildung einer Vernarbungszone, die im Magen meist sternförmig ausgebildet ist, rasch ab. Erosionen, oberflächliche Epitheldefekte, die nicht weiter als die Muscularis mucosae reichen, können ohne Narbenbildung abheilen (vgl. 3, 4, 10).

Bei einer Exposition von 3 Sekunden und weniger bei Leistungsstufen von 7 und 8 kann im allgemeinen nicht mit einer effektiven Koagulation gerechnet werden. Eine Denaturierung der Proteine findet nicht in genügendem Ausmaß statt.

Als am wenigsten gefährdet darf nach den makroskopischen und histologischen Ergebnissen die Magenschleimhaut angesehen werden. Es war in keinem Fall zu primärer, subtotaler oder gar totaler Perforation gekommen. Eine rasche, effektive und risikoarme Koagulation war im akuten Versuch an intakter Schleimhaut zwischen den Grenzwerten für Leistungsstufe 7, 8 und 9 und jeweils 5 und 7 sec Exposition und für Leistungsstufe 10 und 3 bis maximal 5 sec gewährleistet. Daraus wird ersichtlich, daß die Zeit zum begrenzenden Faktor bei der Koagulation wird und die gewählte Leistungsstufe erst in zweiter Linie zu berücksichtigen ist. Demling, Fröhman, Koch, Rösch et al. (9, 18) sowie Stadelmann (31, 32) kommen in experimentellen Untersuchungen zur Elektrokoagulation im Gastrointestinaltrakt zu grundsätzlich entsprechenden Aussagen bezüglich der spezifischen Organreaktionen auf Stromapplikation: einer Reihenfolge nach steigender Empfindlichkeit vom Magen über Dickdarm, Dünndarm zum Ösophagus.

Von den Ergebnissen dieser akuten Versuche ausgehend, sollten nun Langzeitbeobachtungen nach endo-

oskopischer Elektrokoagulation im Gastrointestinaltrakt des Hundes Auskunft über die Abheilung der gesetzten Koagulation und über eventuelle Komplikationen in der Abheilungsphase geben. Die Versuche wurden an drei Hunden durchgeführt. Sie sollten eine Stunde postoperativ, sieben Tage und vierzehn Tage post operationem seziert werden. Leider verstarb der Hund, der vierzehn Tage hätte überleben sollen, am 6. Tag etwa 140 Stunden post operationem an einer kotigen Peritonitis. Zahlreiche Koagulationsstellen im Magen und Dünndarm und alle im Dickdarm waren beinahe oder total perforiert, wobei diese Schleimhautdefekte einen Durchmesser bis zu 25 mm aufwiesen, also wesentlich größer als die ursprünglich gesetzten Läsionen waren. Die histologische Untersuchung erbrachte, daß kaum eine vitale Reaktion - nach Becker (3, 4) eine unabdingbare Voraussetzung zur Heilung eines Ulcus - des umliegenden Gewebes zu erkennen war. Ein schlechter Allgemeinzustand des Tieres bereits vor dem Experiment und ungenügende Entleerung des Dickdarms hatten mit großer Wahrscheinlichkeit die kotige Peritonitis herbeigeführt. Bei Kotrückständen vor allem in terminalen Darmabschnitten kommt es leicht zur Bildung von explosiblen Gasgemischen aus Methan und Wasserstoff mit Sauerstoff. Diese Gase, die Verdauungsrückstände selbst, die dadurch erhöhte bakterielle Verunreinigung der gesetzten Defekte und die

schlechte Abwehrlage des Hundes hatten zu einem Überwiegen der Schädigungswirkungen gegenüber dem Heilungsvorgang durch Granulationsgewebe geführt. Der Tod des am 6. Tag post operationem verstorbenen Hundes und die histologische Auswertung der Präparate des bis zur Sektion am 7. Tag post operationem in gutem Allgemeinzustand befindlichen Tieres lassen die Zeitspanne vom 4. bis 8. Tag post operationem als besonders gefährdet erscheinen. Während dieser Zeit entscheidet sich, ob der Substanzdefekt durch Granulationsgewebe, Reepithelisierung und Kapillarisierung genügend abgedeckt ist und zur Ausheilung gebracht werden kann. Andernfalls wird das Geschwür tiefer, die nekrotischen Massen immer größer, und es kommt schließlich bei mangelnden oder ungenügend ausgebildeten defensiven Schutzmechanismen des Organismus zur Perforation (3, 4).

Beim Hund, der sieben Tage überlebte, zeigte sich in weitem Umkreis der gesetzten Koagulationen frisches Granulationsgewebe und die Reepithelisierung vom Rand des Schleimhautdefektes ausgehend war in den meisten Fällen bereits eingeleitet. Diese massiven vitalen Reaktionen, bei allen Präparaten zu erkennen, lassen ein Überleben dieses Hundes wahrscheinlich werden. Der erste Hund war in dieser Versuchsreihe eine Stunde nach Abschluß des Eingriffs seziert worden. In allen Organab-

schnitten (Magen, Ösophagus, Dickdarm) zeigte sich ein den histologischen Ergebnissen in akuten Versuchen an Katzen entsprechendes Bild. Es konnte auch hier die relative Unempfindlichkeit des Magens und zum Teil des Dickdarms gegenüber Einwirkungen des elektrischen Stromes im Vergleich zum Ösophagus festgestellt werden. Bei diesem Hund wurden die Koagulationsstellen unmittelbar nach Koagulation endoskopisch und ein zweites Mal nach der Sektion photographisch festgehalten. Auf den endoskopischen Aufnahmen sind meist scharf begrenzte Koagulationszonen mit angedeutetem hyperämischen Randsaum zu sehen. Die Sektionspräparate weisen ausnahmslos einen stark ausgeprägten hämorrhagischen Randsaum auf. Die auf der endoskopischen Photographie relativ geringfügig scheinende Schädigung des Gewebes unmittelbar nach Koagulation entpuppt sich bei genauer Betrachtung als wesentlich tiefergehendere und ausgeprägtere Schädigung, was nicht zuletzt auch durch die heftige Reaktion des Gewebes in der Umgebung (Ödem, Hyperämie) der Koagulationsstelle besonders deutlich wird, so daß der direkte endoskopische Eindruck über das tatsächliche Ausmaß der Gewebeschädigung hinwegtäuschen kann. Dabei fällt - wie schon mehrfach erwähnt - auf, daß an der Magenwand, und im Magen selbst am Antrumanteil im Verhältnis zum Dickdarm die Koagulationseffekte in sehr viel geringerem Ausmaß an der

Außenwand sichtbar werden. Das verschiedene Komplikationsrisiko in den einzelnen Organabschnitten beruht überwiegend auf den unterschiedlichen Wanddicken im Gastrointestinaltrakt.

Beim Vergleich der histologischen Präparate konnten wir in Übereinstimmung mit experimentellen Untersuchungen von Stadelmann (31, 32) und Koch, Frühmorgen, Rösch et al. (18) in diesem chronischen Experiment an drei Hunden darlegen, daß das wahre Ausmaß der thermischen Gewebeschädigung erst nach mehreren Tagen erkennbar wird. Die Gewebeläsionen nehmen - wohl durch fortschreitende Nekrobiase - zunächst einmal deutlich an Tiefe zu. Erst nach einigen Tagen beginnt die organische Durchdringung der Nekrosezone durch das Granulationsgewebe. So muß mit Perforationen gerechnet werden, die unter Umständen erst einige Tage nach Durchführung der Elektrokoagulation auftreten. Um eine approximative Untergrenze bei Stromeinwirkung festzulegen, wurden bei diesem Hund (Sektion nach einer Stunde) in den jeweiligen Organen Koagulationen mit Leistungsstufe 3 und 5 jeweils 5 sec lang gesetzt. Sofort nach der Koagulation waren im Magen und Dickdarm bei Stufe 3 nur eine geringe Hyperämie, bei Stufe 5 nur stecknadelkopfgroße, weißliche Schleimhautveränderungen zu erkennen. Nur beim Ösophagus bei Stufe 5 und 5 sec Exposition war die typische blaßgelbe Verfärbung des Gewebes mit hämorrhagischem Randsaum zu sehen.

Entsprechend dem Versorgungsgebiet der verschlossenen Gefäße und der Entfaltung (Denaturierung) dreidimensionaler Proteinmoleküle zeichnen sich diese koagulierten Gewebestellen scharf gegenüber dem erhaltenen Gewebe ab (10). Fast immer werden nekrotisches und lebendes Gewebe durch einen schmalen, dunkelroten Saum abgegrenzt, der sog. hyperämischen und hämorrhagischen Randzone. Hier besteht eine thermische Erweiterung und starke Füllung der Kapillaren, in denen das Blut gewissermaßen aus der nicht geschädigten Umgebung in das blutleere Gebiet einzuströmen trachtet. Da die "vis a tergo" nicht ausreicht, bleibt das Blut im Bereich der Randanteile der Koagulationsstelle in den erweiterten Gefäßen liegen und tritt auch in das Gewebe aus (10).

Die histologische Auswertung erbrachte geringfügige Schleimhautdefekte (flache Erosion) bzw. oberflächliche Koagulationsdefekte von 3 bis 4 mm Durchmesser. Daraus ist zu ersehen, daß ein effektives Arbeiten bei Verwendung von Koagulationsstrom (vgl. Stromqualitäten S. 24) im Dickdarm besonders aber im Magen bei diesen Leistungsstufen und dieser Expositionsdauer noch nicht möglich ist. Die im Rahmen dieser Arbeit erzielten Ergebnisse mit der Elektrokoagulation im Gastrointestinaltrakt dienen als vielversprechende Grundlage für weiterführende Versuche zur Blutstillung von Schleimhautläsionen durch die Elektrokoagulation (vgl. 29).

6. Z u s a m m e n f a s s u n g

Die drei Stromqualitäten Schneid- Koagulations- und Mischstrom wurden zunächst in ihrer Wirkung auf die intakte Schleimhaut des Magens der Katze untersucht.

Histologie und fotografische Dokumentation bewiesen die vornehmlich "oberflächlich verschorfende" und "gewebeschonende" Wirkung des Koagulationsstromes und die im Vergleich dazu wesentlich aggressive, in die Tiefe führende, gewebedurchtrennende Wirkung des Schneid- und Mischstroms, wobei dieser (bei Verwendung im Verhältnis 1:1) am schnellsten zu Perforationen führte. Aufgrund dieser Eigenschaften und des relativ kleinen therapeutischen Bereichs sollte man die endoskopische Blutstillung unter Verwendung von Schneid- und Mischstrom vermeiden.

In akuten Versuchen im Gastrointestinaltrakt (Ösophagus, Magen, Dünndarm, Dickdarm) an Katzen wurde die Wirkung des elektrischen Stromes auf die intakte Schleimhaut untersucht bzw. die therapeutische Breite bei Koagulation mit variierter Stromleistung, variierter Exposition und konstantem Anpressdruck eingegrenzt.

Die makroskopische und histologische Auswertung ergab, daß im Dünndarm und besonders im Ösophagus primär tiefe Schleimhautdefekte entstehen, die eine

Elektrokoagulation wegen der primären und sekundären Perforationsgefahr risikoreich und deshalb kaum vertretbar erscheinen lassen. Magen und Dickdarm erwiesen sich als wesentlich unempfindlicher gegen Stromeinwirkung; so wird der therapeutische Bereich nach oben im Ösophagus bei den Leistungsstufen 6 bzw. 7 mit maximal 7 bzw. 3 sec Exposition abgegrenzt, während im Magen bei den Stufen 9 bzw. 10 eine Stromexposition von 7 bzw. 5 sec nicht überschritten werden sollte. Die Ergebnisse berechtigen zu weiterer experimenteller und klinischer Erprobung der Elektrokoagulation, in erster Linie zur Blutstillung im Magen bei entsprechender Indikationsstellung.

Chronische endoskopische Versuche an Hunden legten dar, daß das Maximum der Gewebeschädigung nach Koagulation und damit die kritische Phase erst nach mehreren Tagen erreicht wird. Bei der Koagulation entstanden unterschiedlich tiefe Läsionen, die ähnlich dem peptischen Ulkus oder einem erosiven Defekt narbig abheilten. Histologische Untersuchungen machten deutlich, daß die Abräum- und Heilungsmechanismen des Organismus erst nach einigen Tagen voll zur Geltung kommen. In dieser Zeit - etwa vom 3. bis 6. Tag post operationem - ist die Gefahr der sekundären Perforation und lebensbedrohlicher Blutung

groß, wenn einerseits mit zu hoher Leistung oder zu langer Exposition koaguliert wurde oder andererseits die vitalen Reaktionen des Organismus nicht ausreichen, die Wanddefekte abzudecken. Die gewünschte therapeutische Wirkung (Koagulation) war besser durch die Zeit der Stromeinwirkung als durch eine höhere Leistungsstufe des Elektrotoms dosierbar. Bei einer maximalen Exposition bis zu 5 Sekunden und den Leistungsstufen 6 im Ösophagus, 7 im Dünndarm, 9 im Dickdarm und 9 oder 10 im Magen bewegt man sich im therapeutischen Bereich.

7. L i t e r a t u r

1. d'Arsonval, M.A.:
Action physiologique des courants alternatives
Societe de Biologie 43 (1891), 283
2. d'Arsonval, M.A.:
Production des courants de haute frequence et
de grande intensite; leurs effets
physiologiques
Societe de Biologie 45 (1893), 122
3. Becker, V. :
Die fibrinoide Nekrosezone beim Ulcus ventriculi
Leber Magen Darm 7 (1972), 241
4. Becker, V. :
The significance of the fibrinoid necrotic zone
for the development and healing of gastric
ulcer
Acta Hepato-Gastroenterol. 20 (1973), 185
5. Blackwood, W.D., S.E. Silvis :
Gastrosopic Electrosurgery
Gastroenterology 61 (1971), 305
6. Bossart, R., N. Thurnherr :
Endoskopische Elektrokoagulation blutender
Magenulcera bei inoperablen Patienten
Zeitschrift f. Gastroenterologie 5 (1975), 526
7. Cardoso, R.D., R.J. Brockhurst :
Perforating diathermy coagulation for retinal
angiomas
Arch. Ophthalmol. 94 (1976), 1702

8. Crile, G.Jr., R.B. Turnbull :
The role of electrocoagulation in tretment of
carcinoma of the rectum
Surg. Gynecol. Obstet. 135 (1972), 391
9. Demling, L., P. Frühmorgen, H. Koch, W. Rösch :
Elektrokoagulation von Blutungen
In: Operative Endoskopie, 73-77
(Hrsg.: L. Demling, P. Frühmorgen, H. Koch,
W. Rösch)
Schattauer-Verlag, Stuttgart 1973
10. Eder, M., P. Gedigk :
Lehrbuch der Allgemeinen Pathologie und der
Pathologischen Anatomie
29. Aufl., Springer-Verlag, Berlin 1974
11. Feigenbaum, H.A. :
Elective electrocoagulation of low-lying
cancer of the rectum
Dis. Col. & Rect. 18 (1975), 613
12. Frühmorgen, P., M. Classen :
Therapeutische Endoskopie
In: Endoskopie und Biopsie in der Gastroentero-
logie (Hrsg.: P. Frühmorgen, M. Classen)
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1974
13. Frühmorgen, P., J. Zeus, L. Demling :
Endoskopische Diagnostik bei Blutungen aus dem
Dünn-, Dick- und Mastdarm
Langenbecks Arch. Chir. 337 (Kongreßbericht
1974), 557
Springer-Verlag, Heidelberg 1974
14. Habermehl, A. :
Elektrochirurgiegeräte für Klinik und Praxis
Deutsches Ärzteblatt 48 (1973), 3330

15. Hohmann, E. :
Das Sirotom, ein Elektrochirurgiegerät für
die Zahnheilkunde
Electromedica 2 (1973) , 64
16. Hollyock, V.E., W. Chanen :
Electrocoagulation diathermy of the treatment
of cervical dysplasia and carcinoma in situ
Obstet. Gynecol. 47 (1976), 196
17. Kandalaft, S., J.L. Madden :
Electrocoagulation. A primary and preferred
method of treatment for cancer of the rectum
Ann. Surg. 106 (1967), 413
18. Koch, H., H.-J. Pesch, H. Bauerle, P. Früh-
morgen, W. Rösch, M. Classen :
Erste experimentelle Untersuchungen und klini-
sche Erfahrungen zur Elektrokoagulation bluten-
der Läsionen im oberen Gastrointestinaltrakt.
In: Fortschritte der Endoskopie, Bd. 4, 69-71
(Hrsg.: R. Ottenjann), Schattauer-Verlag,
Stuttgart 1973
19. Madden, J.L., S. Kandalaft :
Electrocoagulation in the treatment of cancer
of the rectum
Ann. Surg. 174 (1971), 530
20. Madersbacher, H., H. Marberger :
Probleme der Hochfrequenzchirurgie bei trans-
urethralen Eingriffen
Electromedica 5 (1972), 145

21. Martin, Gebr. :
Elektrotom 170 RF
Hochfrequenz-Chirurgiegerät zur Elektro-
chirurgie; Gebrauchsanleitung und technische
Daten
22. Papp, J.P. :
Endoscopic electrocoagulation in upper
gastrointestinal hemorrhage : A preliminary
report
JAMA 230 (1974), 1172
23. Papp, J.P., J.M. Fox, H.S. Wilks :
Experimental electrocoagulation of dog gastric
mucosa
Gastrointestinal Endoscopy 22 (1975), 27
24. Papp, J.P., J.M. Fox, R.M. Nalbandian :
Experimental electrocoagulation of dog
oesophageal and duodenal mucosa
Gastrointestinal Endoscopy 23 (1976), 27
25. Papp, J.P. :
Endoscopic electrocoagulation of upper
gastrointestinal hemorrhage
JAMA 236 (1976), 2076
26. Roos, E. :
Physikalische Grundlagen der Elektrochirurgie
In: Fortschritte der Endoskopie, Bd. 6, 15-16
(Hrsg.: R. Ottenjann)
Schattauer Verlag, Stuttgart 1975
27. Roy, A., C. De la Rosa, Y.A. Vecchio :
Bleeding following tonsillectomy
A study of electrocoagulation and ligation
techniques
Arch. Otolaryngol. 102 (1976), 9

28. Salvati, E.P., R.J. Rubin :
Electrocoagulation as primary therapy for
rectal carcinoma
The American Journal of Surgery 132 (1976), 583
29. Schmidt, J.G. :
Tierexperimentelle Untersuchungen zur Opti-
mierung der Elektrokoagulation blutender
Schleimhautläsionen
Dissertation, Erlangen 1978
30. Semm, K. :
Endocoagulation : a new field of endoscopic
surgery
J. Reprod. Med. 16 (1976), 195
31. Stadelmann, O., E. Raschke, R. Müller, A.
Löffler, S.E. Miederer :
Endoskopische Elektroresektion und Elektro-
koagulation
- Voruntersuchungen und erste klinische Er-
fahrungen -
In: Fortschritte der Endoskopie, Bd. 4, 63-65
(Hrsg. : R. Ottenjann),
Schattauer Verlag 1973
32. Stadelmann, O., D. Weisbart, U. Zeus :
Blutende Läsionen im Gastrointestinaltrakt:
Elektrokoagulation
Vortrag anlässlich des Symposiums "Operative
Endoskopie" - Rückblick und Ausblick
Erlangen 1977 (Mai)
33. Vágner, Z. :
A contribution to electrocoagulative sterilisation
of ovarian tubes by laparoscopy
Cesk. Gynekol. 41 (1976), 681

34. Weingart, J., G. Lux, K. Elster, R. Ottenjann :
Recurrent gastrointestinal bleeding in Osler's disease successfully treated by endoscopic electrocoagulation in the stomach
Endoscopy 7 (1975), 160
35. Wittmoser, R. :
Fortschritte der operativen Endoskopie durch Miniaturisierung , HF - Koagulation und Coelomatisierung
In: Fortschritte der Endoskopie, Bd. 6, 23-25 (Hrsg.: R. Ottenjann),
Schattauer Verlag, Stuttgart 1975
36. Wurster, H. :
Hochfrequenz-Chirurgie
Vortrag anlässlich des Kongresses der Gesellschaft für Gastroenterologie in Bayern
Erlangen 1973 (Oktober)

Herrn Privatdozent Dr. Peter Fröhnmorgen
danke ich für die Überlassung des Themas
sowie für die wertvolle Beratung und
Unterstützung.

Mein Dank gilt auch Herrn Dr. Bernhard
Kaduk für seine Unterstützung bei der
histologischen Auswertung.

Ferner danke ich Herrn Ing. Kurt Seuberth
für seine stete Hilfsbereitschaft bei
allen technischen Fragen.

Lebenslauf

Am 29. Juni 1932 wurde ich als zweiter Sohn der Eheleute Konrad und Justina Schäfer, geb. Nöth, in Bad Kissingen geboren.

Von 1938 bis 1942 besuchte ich die Volksschule in Bad Kissingen und trat im September 1942 in das Realgymnasium in Bad Kissingen ein, an dem ich im Juli 1951 das Abitur ablegte.

Im Herbst 1952 schrieb ich mich zum Studium der Medizin an der Universität Innsbruck ein. Aus finanziellen Gründen mußte ich das Studium nach einem Jahr abbrechen.

1954 wanderte ich in die Vereinigten Staaten von Nordamerika aus. In New York arbeitete ich in der Krankenpflege und dann als Kellner in verschiedenen Hotels der Stadt. Mit einem Stipendium konnte ich von 1958 bis 1960 das Franklin & Marshall College in Lancaster, Pennsylvania, besuchen, das ich mit dem Bachelor of Arts abschloß. Später arbeitete ich als Lehrer für Deutsch am Manhattan College in New York.

1972 bot sich mir die Gelegenheit, mein Studium der Medizin an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg fortzusetzen, das ich mit der Ärztlichen Prüfung im Sommer 1979 abschließen werde.

